

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000042769 A

(43) Date of publication of application: 15.02.00

(51) Int. Cl

**B23K 26/00**

**G01N 21/63**

**G01N 21/88**

**G02B 7/182**

**H04N 5/335**

(21) Application number: 10217470

(71) Applicant: SUMITOMO HEAVY IND LTD

(22) Date of filing: 31.07.98

(72) Inventor: ICHIKAWA HIDESHI  
KIMURA SADAHIKO

**(54) DEVICE AND METHOD OF MONITORING LASER  
WELDING CONDITION**

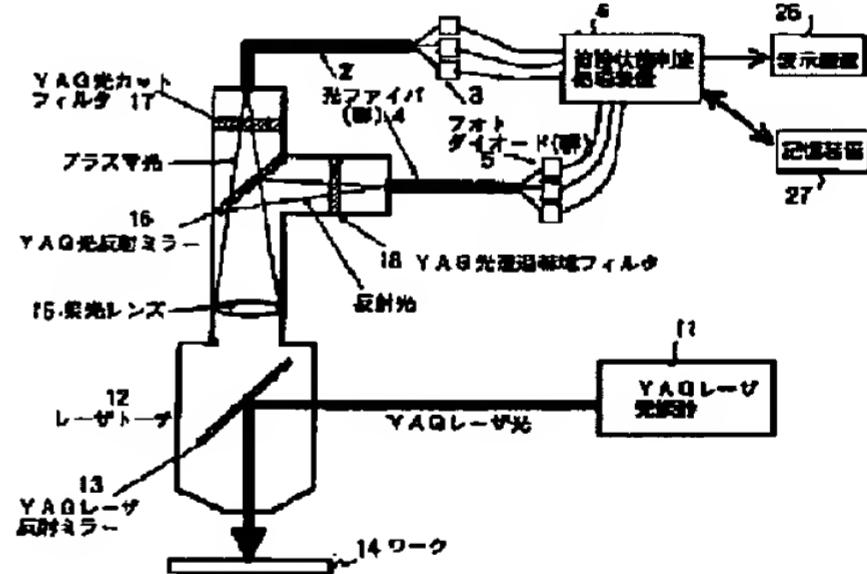
electrical signals from the photodiodes 3, 5.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the monitoring device capable of improving accuracy in detecting defects.

SOLUTION: In the housing of a laser torch 12, a condensing lens 15 is provided that converge welding light produced from a welding part so as to have the same optical axis as that of a laser beam emitted to a workpiece 14. Among the beams of the welding light, plasma light beams are converted to electrical signals through plural optical fibers 2 and plural photodiodes 3. Among the beams of the welding light, the reflected light of the emitted laser beam are converted to electrical signals through plural optical fibers 4 and plural photodiodes 5. A device 6 for discriminating and processing welding conditions detects defects of welded parts based on the levels of the plural



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-42769

(P2000-42769A)

(43)公開日 平成12年2月15日 (2000.2.15)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

B 23 K 26/00

識別記号

310

F I

テマコト<sup>®</sup> (参考)

B 23 K 26/00

P 2 G 0 4 3

G 01 N 21/63

21/88

G 02 B 7/182

310 A

2 G 0 5 1

G 01 N 21/63

Z 2 H 0 4 3

21/88

Z 4 E 0 6 8

H 04 N 5/335

F 5 C 0 2 4

審査請求 有 請求項の数10 OL (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平10-217470

(22)出願日

平成10年7月31日 (1998.7.31)

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72)発明者 市川 英志

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重  
機械工業株式会社平塚事業所内

(72)発明者 木村 定彦

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重  
機械工業株式会社平塚事業所内

(74)代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外1名)

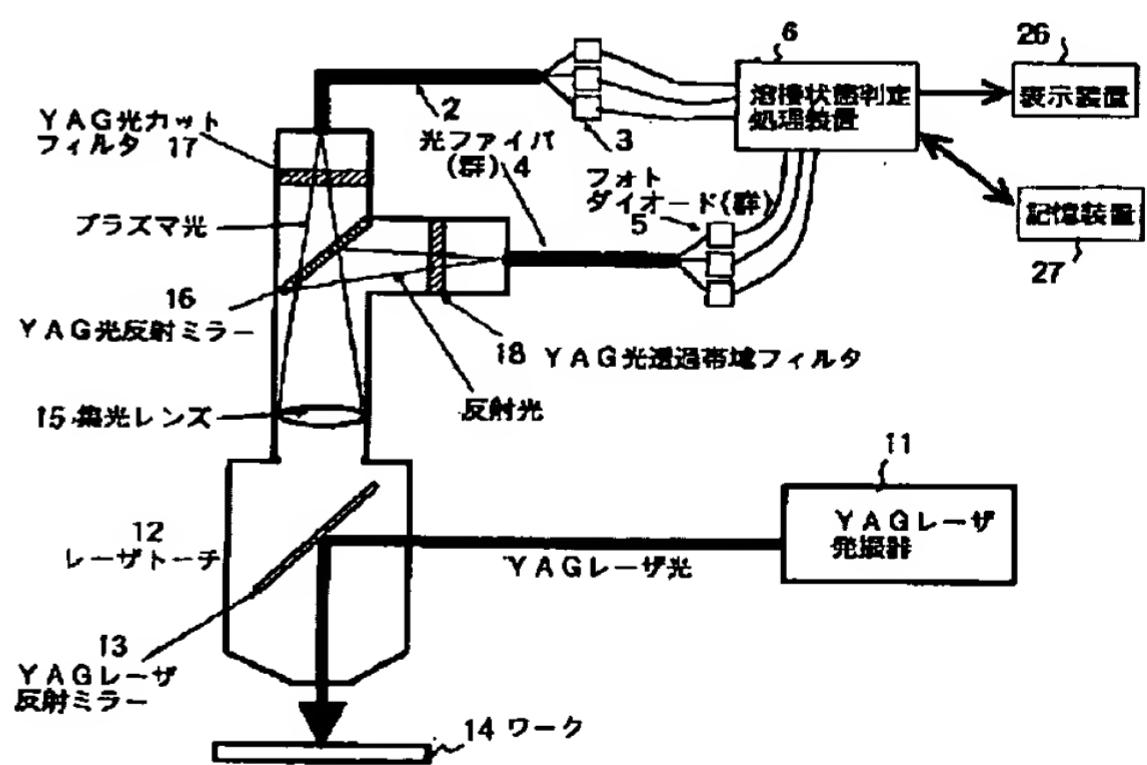
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ溶接状態監視装置及び監視方法

(57)【要約】

【課題】 欠陥の検出精度を向上させることのできるレーザ溶接状態監視装置を提供すること。

【解決手段】 レーザトーチ12の筐体内に、ワーク14に照射されるレーザ光の光軸と同軸になるようにして溶接箇所から発する溶接光を集光する集光レンズ15を設ける。溶接光のうちのプラズマ光を複数の光ファイバ2と複数のフォトダイオード3とで電気信号に変換する。溶接光のうち、照射されたレーザ光の反射光を複数の光ファイバ4と複数のフォトダイオード5とで電気信号に変換する。溶接状態判定処理装置6は、フォトダイオード3からの複数の電気信号のレベルとフォトダイオード5からの複数の電気信号のレベルとに基づいて溶接箇所の欠陥検出を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ光をレーザトーチでワークに照射して溶接を行うレーザ溶接機において、前記レーザトーチの筐体内に、前記ワークに照射される前記レーザ光の光軸と同軸になるようにして溶接箇所から発する溶接光を集光する集光レンズを設け、前記集光レンズで集光された光を、互いに隣接させて配置した複数の受光手段により受光し、前記複数の受光手段で受光した複数の光の強度に基づいて溶接箇所の欠陥検出を行うことを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のレーザ溶接状態監視装置において、前記集光レンズの後に、前記レーザ光の反射光のみを反射し、残りの光は透過する第 1 のレーザ光反射ミラーを設けると共に、該第 1 のレーザ光反射ミラーの透過光から溶接の過程で発生されるプラズマ光のみを抽出するための第 1 のフィルタと、前記レーザ光反射ミラーの反射光から前記レーザ光の反射光のみを抽出するための第 2 のフィルタとを設けたことを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載のレーザ溶接状態監視装置において、前記複数の受光手段として、前記第 1 のフィルタの後に複数の光ファイバと該複数の光ファイバで受光された光を光電変換する複数の光電変換素子とを第 1 のグループとして配置すると共に、前記第 2 のフィルタの後にも複数の光ファイバと該複数の光ファイバで受光された光を光電変換する複数の光電変換素子とを第 2 のグループとして配置することを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載のレーザ溶接状態監視装置において、前記レーザトーチ内には、レーザ発振源と接続したレーザ伝送ファイバからのレーザ光を反射させて前記ワークに向けて照射する第 2 のレーザ光反射ミラーが設けられており、前記集光レンズは前記第 2 のレーザ光反射ミラーを通して前記溶接箇所から発する溶接光を集光することを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

【請求項 5】 請求項 3 記載のレーザ溶接状態監視装置において、前記第 1 のグループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルと前記第 2 のグループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルとに基づいて溶接箇所の欠陥検出を行う判定処理装置を備え、該判定処理装置は、前記第 1 のグループ及び前記第 2 のグループのそれぞれについて、複数の電気信号のレベルがそれぞれあらかじめ定められた範囲内にあるかどうかを判別して前記あらかじめ定められた範囲内にある時には“ 0 ”、前記あらかじめ定められた範囲外の時には“ 1 ”を判別結果として出力すると共に、それぞれの判別結果にあらかじめ定められた重み付けを行い、重み付けされた値の総和をあらかじめ定められたしきい値と比較して欠陥の有無を判定することを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

置。

【請求項 6】 請求項 2 記載のレーザ溶接状態監視装置において、前記複数の受光手段として、前記第 1 のフィルタの後に可視光及び赤外光を検知可能な第 1 の CCD カメラを配置すると共に、前記第 2 のフィルタの後にも可視光及び赤外光を検知可能な第 2 の CCD カメラを配置することを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

【請求項 7】 請求項 6 記載のレーザ溶接状態監視装置において、前記第 1 の CCD カメラからの画像と前記第 2 の CCD カメラからの画像とを個別に画像処理して溶接箇所の欠陥検出を行う判定処理装置を備え、該判定処理装置は、前記第 1 の CCD カメラからの各画素毎の輝度レベル（以下、第 1 の輝度レベルグループと呼ぶ）と前記第 2 の CCD カメラからの各画素毎の輝度レベル（以下、第 2 の輝度レベルグループと呼ぶ）のそれぞれについて、複数の輝度レベルがそれぞれあらかじめ定められた範囲内にあるかどうかを判別して前記あらかじめ定められた範囲内にある時には“ 0 ”、前記あらかじめ定められた範囲外の時には“ 1 ”を判別結果として出力すると共に、それぞれの判別結果にあらかじめ定められた重み付けを行い、重み付けされた値の総和をあらかじめ定められたしきい値と比較して欠陥の有無を判定することを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

【請求項 8】 請求項 5 記載のレーザ溶接状態監視装置において、前記判定処理装置は更に、前記第 1 のグループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルと前記第 2 のグループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルとに基づいて溶接ビードの大きさを評価する評価手段を有し、該評価手段は、前記第 1 のグループ及び前記第 2 のグループのそれぞれについて、複数の電気信号のレベルがそれぞれあらかじめ設定されたしきい値より高いかどうかを判別し、前記あらかじめ設定されたしきい値より高い電気信号の数に基づいて溶接ビードの深さと幅を評価することを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

【請求項 9】 請求項 7 記載のレーザ溶接状態監視装置において、前記判定処理装置は更に、前記第 1 の輝度レベルグループ及び前記第 2 の輝度レベルグループから溶接ビードの大きさを評価する評価手段を備え、該評価手段は、前記第 1 の輝度レベルグループ及び前記第 2 の輝度レベルグループのそれぞれについて、複数の輝度レベルがそれぞれあらかじめ設定されたしきい値より高いかどうかを判別し、前記あらかじめ設定されたしきい値より高い電気信号の数に基づいて溶接ビードの深さと幅を評価することを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

【請求項 10】 レーザ光をワークに照射して溶接を行うレーザ溶接機において、溶接箇所から発する溶接光を集光し、集光された光を、互いに隣接させて配置した複数の受光手段により受光し、前記複数の受光手段で受光した複数の光の強度に基づいて溶接箇所の欠陥検出を行

うことを特徴とするレーザ溶接状態監視方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザ溶接機における欠陥検出に関し、特に溶接箇所からの光を検出してその強度に基づいて溶接の欠陥検出やピードの大きさを評価するためのレーザ溶接状態監視装置及び監視方法に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザ溶接は、レーザ発振器から出力されたパルス状あるいは連続レーザ光を対象ワークに照射して溶接を行うものである。レーザ溶接における溶接欠陥検査は、検査員がオフラインにて目視や検査機器の使用により行うことが多い。この場合、自動車製造のような大量生産ラインでは多量箇所の検査が必要となり、検査員の負担は大きい。また、生産ラインの生産性の観点から検査時間は短い必要があり、溶接と並行して欠陥検査を行うことが最も望ましい。

【0003】レーザ溶接における溶接状態のオンライン計測技術として、本発明者により以下の手法が提案されている。

【0004】図11を参照して、この手法について説明する。図11において、YAGレーザ発振器11で発生されたパルス状のレーザ光を伝送ファイバでレーザトーチ12へ導き、レーザトーチ12内のYAGレーザ反射ミラー13や図示しない光学レンズを通してワーク14に照射して溶接を行う。

【0005】レーザトーチ12の筐体内には、ワーク14に照射されるレーザ光（以下、照射レーザ光と呼ぶ）の光軸と同軸になるようにして溶接部から発する光（以下、これを溶接光と呼ぶ）を集光する集光レンズ15が設けられている。溶接光には、溶接の過程で発生されるプラズマ光や、照射レーザ光の反射光や、周囲の光が含まれる。YAGレーザ反射ミラー13においては、溶接部からの照射レーザ光の反射光はほとんど反射されるが、ごく一部は透過し、プラズマ光はそのまま透過する。

【0006】集光レンズ15の後には、溶接光のうち照射レーザ光の反射光のみを反射し、残りの光は透過するYAG光反射ミラー16を設けている。YAG光反射ミラー16の透過部側には、YAG光反射ミラー16の透過光から溶接の過程で発生されるプラズマ光のみを抽出するためのYAG光カットフィルタ17を設けている。一方、YAG光反射ミラー16の反射部側には、YAG光反射ミラー16の反射光から照射レーザ光の反射光のみを抽出するためのYAG光透過帯域フィルタ18を設けている。

【0007】なお、前述したように、レーザトーチ12内には、YAGレーザ発振器11からのレーザ光を反射させてワーク14に向けて照射するYAGレーザ反射ミ

ラー13が設けられている。このため、照射レーザ光の反射光はYAGレーザ反射ミラー13で反射され、その一部が漏れ反射光として集光レンズ15で集光されることになる。言い換れば、溶接光に含まれる照射レーザ光の反射光は、その一部のみが集光レンズ15に到達する。

【0008】以上のような構成により、ワーク14の溶接部から発する溶接光を照射レーザ光と同軸に設置した集光レンズ15で集光し、YAG光反射ミラー16でYAG光のみを反射することでプラズマ光と反射光とに分離する。分離後、プラズマ光はYAG光カットフィルタ17を通してプラズマ光以外の波長域の光がカットされる。YAG光カットフィルタ17を出た光は、光電変換素子としてのフォトダイオード20とアンプ21で受光強度に応じた電圧信号に変換されて溶接状態判定処理装置23に出力される。

【0009】一方、YAG光反射ミラー16からの反射光は、YAG光透過帯域フィルタ18を通してYAG光以外の波長域の光がカットされる。YAG光透過帯域フィルタ18を出た光は、光電変換素子としてのフォトダイオード24とアンプ25で受光強度に応じた電圧信号に変換されて溶接状態判定処理装置23に出力される。

【0010】溶接状態判定処理装置23は、アンプ21、25からの電圧信号に基づいて欠陥検出などの判定処理を行い、その結果を必要に応じて表示装置26や記憶装置27で表示、記録する。なお、欠陥検出のための処理アルゴリズムは、例えば本願出願人によりすでに出願済みの「レーザ溶接欠陥検出装置（特願平9-213223号）」に開示されている。

【0011】簡単に説明すると、欠陥検出のための処理アルゴリズムは、デジタル電圧信号からあらかじめ定められた高周波成分を除去するためのローパスフィルタと、このローパスフィルタの出力を微分して微分信号を出力するための微分処理部と、前記デジタル電圧信号の値が第1のしきい値L1を越えているかどうかで第1の欠陥を検出し、前記デジタル電圧信号の値が第1のしきい値L1よりも低い第2のしきい値L2よりも低いかどうかで第2の欠陥を検出するための第1の処理手段と、前記微分信号の値が変化量0の場合を基準としてこの値を間にした第3のしきい値L3と第4のしきい値L4（但し、L3>L4）の範囲を越えているかどうかを検出する第2の処理手段と、該第2の処理手段の検出結果と前記第1の処理手段の検出結果とを受けて前記第2の処理手段のみから出力がある時にこれを第3の欠陥として検出する欠陥種類判別処理部とで実現される。

【0012】このような構成で、欠陥検出のための処理アルゴリズムを、アンプ21、25からの2つの電圧信号について実行することにより、欠陥検出を行うことができる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】この手法は、集光レンズ15によって2次元的に集光した照射レーザ光の反射光やプラズマ光をそれぞれ、1つのフォトダイオード20、24で検出するため、フォトダイオード20、24の受光面に受光した光強度の総量を計測値としていることになる。一方、照射レーザ光の反射光やプラズマ光の強度の2次元分布は溶接状態によって変化する場合がある。

【0014】図12は、フォトダイオードにおける照射レーザ光の反射光の分布の変化を模式的（簡略的に一次元で描いた）に示したものであり、図12（a）は溶接部の溶融が良い場合、図12（b）は溶接部の溶融が悪い場合の例である。図12において、照射レーザ光の反射光強度の総量が図12（a）、図1（b）共に等しいとき（すなわち、図中の斜線部の面積が等しいとき）、前述の手法では溶接状態の変化を検知できないことになる。

【0015】そこで、本発明の課題は、光電変換素子を複数個配置することにより、欠陥の検出精度を向上させることのできるレーザ溶接状態監視装置を提供することにある。

【0016】本発明はまた、上記のレーザ溶接状態監視装置に適したレーザ溶接状態監視方法を提供することにある。

#### 【0017】

【課題を解決するための手段】本発明によるレーザ溶接状態監視装置は、レーザ光をレーザトーチでワークに照射して溶接を行うレーザ溶接機において、前記レーザトーチの筐体内に、前記ワークに照射される前記レーザ光の光軸と同軸になるようにして溶接箇所から発する溶接光を集光する集光レンズを設け、前記集光レンズで集光された光を、互いに隣接させて配置した複数の受光手段により受光し、前記複数の受光手段で受光した複数の光の強度に基づいて溶接箇所の欠陥検出を行うことを特徴とする。

【0018】このレーザ溶接状態監視装置においては、前記集光レンズの後に、前記レーザ光の反射光のみを反射し、残りの光は透過する第1のレーザ光反射ミラーが設けられると共に、該第1のレーザ光反射ミラーの透過光から溶接の過程で発生されるプラズマ光のみを抽出するための第1のフィルタと、前記レーザ光反射ミラーの反射光から前記レーザ光の反射光のみを抽出するための第2のフィルタとが設けられる。

【0019】前記複数の受光手段としては、前記第1のフィルタの後に複数の光ファイバと該複数の光ファイバで受光された光を光電変換する複数の光電変換素子とを第1のグループとして配置すると共に、前記第2のフィルタの後にも複数の光ファイバと該複数の光ファイバで受光された光を光電変換する複数の光電変換素子とを第2のグループとして配置することが好ましい。

10

20

30

40

50

【0020】なお、前記レーザトーチ内には、レーザ発振源と接続したレーザ伝送ファイバからのレーザ光を反射させて前記ワークに向けて照射する第2のレーザ光反射ミラーが設けられており、前記集光レンズは前記第2のレーザ光反射ミラーを通して前記溶接箇所から発する溶接光を集光する。

【0021】また、前記第1のグループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルと前記第2のグループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルとに基づいて溶接箇所の欠陥検出を行う判定処理装置を備え、該判定処理装置は、前記第1のグループ及び前記第2のグループのそれぞれについて、複数の電気信号のレベルがそれぞれあらかじめ定められた範囲内にあるかどうかを判別して前記あらかじめ定められた範囲内にある時には“0”、前記あらかじめ定められた範囲外の時には“1”を判別結果として出力すると共に、それぞれの判別結果にあらかじめ定められた重み付けを行い、重み付けされた値の総和をあらかじめ定められたしきい値と比較して欠陥の有無を判定する。

【0022】前記判定処理装置は更に、前記第1のグループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルと前記第2のグループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルとに基づいて溶接ビードの大きさを評価する評価手段を有し、該評価手段は、前記第1のグループ及び前記第2のグループのそれぞれについて、複数の電気信号のレベルがそれぞれあらかじめ設定されたしきい値より高いかどうかを判別し、前記あらかじめ設定されたしきい値より高い電気信号の数に基づいて溶接ビードの深さと幅を評価するようにしても良い。

【0023】更に、前記複数の受光手段として、前記第1のフィルタの後に可視光及び赤外光を検知可能な第1のCCDカメラを配置すると共に、前記第2のフィルタの後にも可視光及び赤外光を検知可能な第2のCCDカメラを配置するようにしても良い。

【0024】CCDカメラを使用する場合、前記第1のCCDカメラからの画像と前記第2のCCDカメラからの画像とを個別に画像処理して溶接箇所の欠陥検出を行う判定処理装置を備え、該判定処理装置は、前記第1のCCDカメラからの各画素毎の輝度レベル（以下、第1の輝度レベルグループと呼ぶ）と前記第2のCCDカメラからの各画素毎の輝度レベル（以下、第2の輝度レベルグループと呼ぶ）のそれについて、複数の輝度レベルがそれぞれあらかじめ定められた範囲内にあるかどうかを判別して前記あらかじめ定められた範囲内にある時には“0”、前記あらかじめ定められた範囲外の時には“1”を判別結果として出力すると共に、それぞれの判別結果にあらかじめ定められた重み付けを行い、重み付けされた値の総和をあらかじめ定められたしきい値と比較して欠陥の有無を判定する。CCDカメラを使用する場合にはまた、前記判定処理装置は更に、前記第1の

グループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルと前記第2のグループの光電変換素子からの複数の電気信号のレベルとに基づいて溶接ビードの大きさを評価する評価手段を有し、該評価手段は、前記第1のグループ及び前記第2のグループのそれぞれについて、複数の電気信号のレベルがそれぞれあらかじめ設定されたしきい値より高いかどうかを判別し、前記あらかじめ設定されたしきい値より高い電気信号の数に基づいて溶接ビードの深さと幅を評価するようにしても良い。

【0025】本発明によればまた、溶接箇所から発する溶接光を集光し、集光された光を、互いに隣接させて配置した複数の受光手段により受光し、前記複数の受光手段で受光した複数の光の強度に基づいて溶接箇所の欠陥検出を行うレーザ溶接状態監視方法が提供される。

#### 【0026】

【発明の実施の形態】図1を参照して、本発明の好ましい実施の形態によるレーザ溶接状態監視装置の全体システムについて説明する。なお、図11と同じ部分には同一番号を付している。YAGレーザ発振器11からのYAGレーザ光をレーザトーチ12へ導き、レーザトーチ12内のYAGレーザ反射ミラー13や図示しない光学レンズを通してワーク14に照射して溶接を行う。ワーク14の溶接部から発する溶接光を照射レーザ光と同軸に設置した集光レンズ15で集光し、YAG光反射ミラー16でYAG光のみを反射することでプラズマ光と照射レーザ光の反射光とに分離する。分離後、プラズマ光はYAG光カットフィルタ17を透過し、密集させて配置した複数の光ファイバ2で受光される。受光されたプラズマ光はそれぞれ、各光ファイバ2に個別に結合されたフォトダイオード3で光電変換される。

【0027】一方、照射レーザ光の反射光はYAG光透過帯域フィルタ18を透過し、密集させて配置した複数の光ファイバ4で受光される。受光されたプラズマ光はそれぞれ、各光ファイバ4に個別に結合されたフォトダイオード5で光電変換される。フォトダイオード3、5で光電変換された複数の電圧信号はそれぞれ、図示しないアンプで増幅されて溶接状態判定処理装置6に入力される。溶接状態判定処理装置6は、入力された複数の電圧信号のレベルに基づいて欠陥検出などの処理を行い、その結果を必要に応じて表示装置26や記憶装置27で表示、記録する。すなわち、溶接状態判定処理装置6は、フォトダイオード3からの複数の電圧信号、フォトダイオード5からの複数の電圧信号について別々に欠陥検出などの処理を行う。

【0028】光ファイバ2とフォトダイオード3の関係を図2に示す。光ファイバ2を複数本密集させて端部を面状に揃え、そこに溶接光を集光する。図2では9本の光ファイバ2を密集させているが、本数と1本のファイバ径は適宜に選択する。光ファイバ2で伝送した光を光ファイバ1本毎に1個のフォトダイオード3で受光す

る。このような関係は、光ファイバ4とフォトダイオード5についても同様である。

【0029】なお、光ファイバ2あるいは4を用いているのは、光ファイバは図2のように隙間を生じないように密集させて配置することができるからである。これに対し、これまでのフォトダイオードは、その形状から隙間を生じないように密集させて配置することは難しい。しかし、フォトダイオードを含めて、隙間を生じないように密集させて配置することができる光電変換素子であれば、光ファイバ無しで光電変換素子で直接、プラズマ光や照射レーザ光の反射光を受光するようにしても良い。

【0030】一方、光ファイバとフォトダイオードとの組合せに代えて、図3の様に可視/赤外CCDカメラ7を使用しても良い。ここで、可視/赤外CCDカメラというのは、可視光及び赤外光を検知可能なCCDカメラである。照射レーザ光の反射光、プラズマ光をそれぞれ別の可視/赤外CCDカメラ7で受光し、その画像を溶接状態判定処理装置6に伝送する。ただし、可視/赤外CCDカメラ7は約30msec周期で画像を伝送するので、タイミングによっては欠陥を見落とす(欠陥発生時に画像を取得できない)場合がある。また、可視/赤外CCDカメラ7を使用する構成では、溶接状態判定処理装置6に画像処理装置を設置する。この画像処理装置は、可視/赤外CCDカメラ7からの画像の各画素について輝度を検出し、検出した輝度レベルに基づいて欠陥検出などの処理を行う。この場合、1つの画素が図1の光ファイバ1本に相当することになるが、隣接し合う複数の画素を光ファイバ1本に相当する1つの判定領域として、複数の画素の輝度レベルの和を算出し、この和に基づいて欠陥検出を行うようにしても良い。

【0031】図4は図1の構成に適用される溶接状態判定処理装置6の構成を示すブロック図である。フォトダイオード3(5)で光電変換された複数の電圧信号をA/Dコンバータ6-1でデジタル変換し、CPU6-2、高速信号処理プロセッサ6-3にて予め定められた処理アルゴリズムに従って欠陥検出などの溶接状態の判定を行う。便宜上、A/Dコンバータ6-1には、フォトダイオード3で光電変換された複数の電圧信号と、フォトダイオード5で光電変換された複数の電圧信号とが入力されているが、デジタル変換は別々に行われることは言うまでも無い。このような装置の構成自体は信号処理装置として一般的であり、パソコンを利用して容易に実現できる。

【0032】なお、図3の可視/赤外CCDカメラ7を使用する場合には、A/Dコンバータ6-1を画像処理装置に代えた構成とする。

【0033】以下に、溶接状態判定処理装置6における欠陥検出と溶接ビード評価のアルゴリズムを説明する。便宜上、バッチ的に説明するが、実際には計測信号のレ

ベルを使用して逐次演算処理してゆく。

【0034】 (1) 欠陥検出

図5にn本の光ファイバにて溶接光（プラズマ光あるいは照射レーザ光の反射光）を受光した場合の計測信号の波形を時系列で示す。図5の様に、溶接欠陥が発生すると計測信号のレベルが著しく変化する。よって、適当なしきい値を設定してレベル変化を検知することで欠陥を検出できる。以下に手順を示す。

【0035】 ①A/D変換処理後の信号をデジタルローパスフィルタ処理にて高周波成分を除去する。その結果、図6に示すような処理信号が得られる。

【0036】 ②予め定められたしきい値a、bによりある範囲を設定する。処理信号のレベルがこの範囲内にあるかどうかを判別し、この範囲内であれば”0”、範囲外であれば欠陥候補としてフラグを立てる（フラグを”1”にする）。この判別結果を図7に示す。

【0037】 ③最終的に欠陥の有無を判定するため演算処理を行う。

【0038】 図8に演算処理アルゴリズムの概略を示す。光ファイバ別に判別されたフラグの値（0または1）に予め設定した重み係数を掛け、総和を求める。総和が予め設定したしきい値以上のとき、欠陥と判定する。光ファイバ別に重み係数を設定するのは、溶接部の中でも特に重視したい部位とそれほど重要では無い部位とがあるからである。そこで、重視したい部位の光ファイバの判別結果には大きな重み係数を設定し、それほど重要では無い部位の光ファイバの判別結果には小さな重み係数を設定する。また、レーザのパワーチェンジをした場合には、監視すべき溶接部の領域も変える必要がある。例えば、レーザのパワーアップをした場合には、外側領域の光ファイバの判別結果に対しても重み係数を大きくするような変更を行う。

【0039】 なお、溶接状態判定処理装置6は、フォトダイオード3からの複数の電圧信号、フォトダイオード5からの複数の電圧信号について別々に上記のアルゴリズムに基づいて欠陥検出などの処理を行い、少なくとも一方の処理において欠陥が検出されれば欠陥ありの出力を行う。

【0040】 (2) 溶接ビードの大きさの評価

溶接ビードにおいて、その深さや幅が変化すると、溶接光（プラズマ光あるいは照射レーザ光の反射光）の二次元的広がりも大きさが変化する。このことから溶接光の広がり面積を求めて、溶接ビードの大きさを評価することができる。

【0041】 図9に示すように、溶接光を受光する光ファイバの本数が、溶接ビードの変化によって変わってくる。よって、溶接ビードの深さ及び幅と受光した光ファイバの本数との相関関係をあらかじめ実験結果により求めておく。そして、実際の溶接加工時にはこの実験結果に基づいて、受光した光ファイバの本数から溶接ビード

の深さ及び幅を評価することができる。

【0042】 図10には、溶接ビードの深さ及び幅と受光した光ファイバの本数との相関関係の例を3種類示している。

【0043】 実際の信号処理手順を以下に示す。

【0044】 ①A/D変換処理後の信号をデジタルローパスフィルタ処理にて高周波成分を除去する。これは上記(1)の欠陥検出と同じ処理である。

【0045】 ②予め設定したしきい値cと計測信号のレベルを比較し、しきい値c以上ならば、光ファイバに受光ありと判定してカウントする。

【0046】 ③受光ありと判定した光ファイバの本数から実験結果に基づいて溶接ビードの深さ及び幅を評価する。

【0047】 なお、上記の説明では、レーザ発振器としてYAGレーザ発振器を用いているが、これに限らず、他の例えばCO<sub>2</sub>レーザ発振器、エキシマレーザ発振器を用いたレーザ溶接機にも適用できる。この場合、照射レーザ光の反射光の検出が可能なように、光学系の構成やフォトダイオード、すなわち光電変換素子の選定を行う。

【0048】

【発明の効果】 本発明によれば次のような効果が得られる。

【0049】 1. 溶接光をプラズマ光と照射レーザ光の反射光とに分け、それらの分布を二次元かつ多点で計測することで多角的な溶接状態の判定を行うことができる。欠陥検出精度の向上を図ることができ、溶接ビードの大きさ（深さ、幅）の評価を行うこともできる。

【0050】 2. レーザトーチ上部から照射レーザ光と同軸で溶接光の計測ができるため、ワークの形状が複雑でも欠陥検出を行うことができる。

【0051】 3. 上記の1、2より平面加工のみならず3次元加工にも適用可能である。

【0052】 4. 検査員の省人・省力化を実現でき、オンライン計測による検査時間短縮化を図るので、欠陥検出自動化による生産ライン自動化（無人化）へ大きく寄与する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態による溶接欠陥状態監視装置の構成を示した図である。

【図2】 図1に示された光ファイバとフォトダイオードとの関係を説明するための図である。

【図3】 図1に示された光ファイバとフォトダイオードとに代えて可視／赤外CCDカメラを使用する場合について説明するための図である。

【図4】 図1に示された溶接状態判定処理装置の構成を示したブロック図である。

【図5】 図1に示された光ファイバから得られる計測信号の例を欠陥ありの場合について示した波形図である。

【図6】図5に示された計測信号にローパスフィルタ処理を施した後の波形図である。

【図7】図6に示された信号に対して欠陥候補の有無を判別した結果を示す図である。

【図8】図7に示された判別結果を用いて行われる欠陥検出処理アルゴリズムを説明するための図である。

【図9】溶接ビードの大きさの評価方法を説明するため、図1における光ファイバへの溶接光の二次元分布の例を示した図である。

【図10】溶接ビードの大きさの評価に必要な、溶接ビードの深さ及び幅と光ファイバの受光本数の相関関係の例を示した図である。

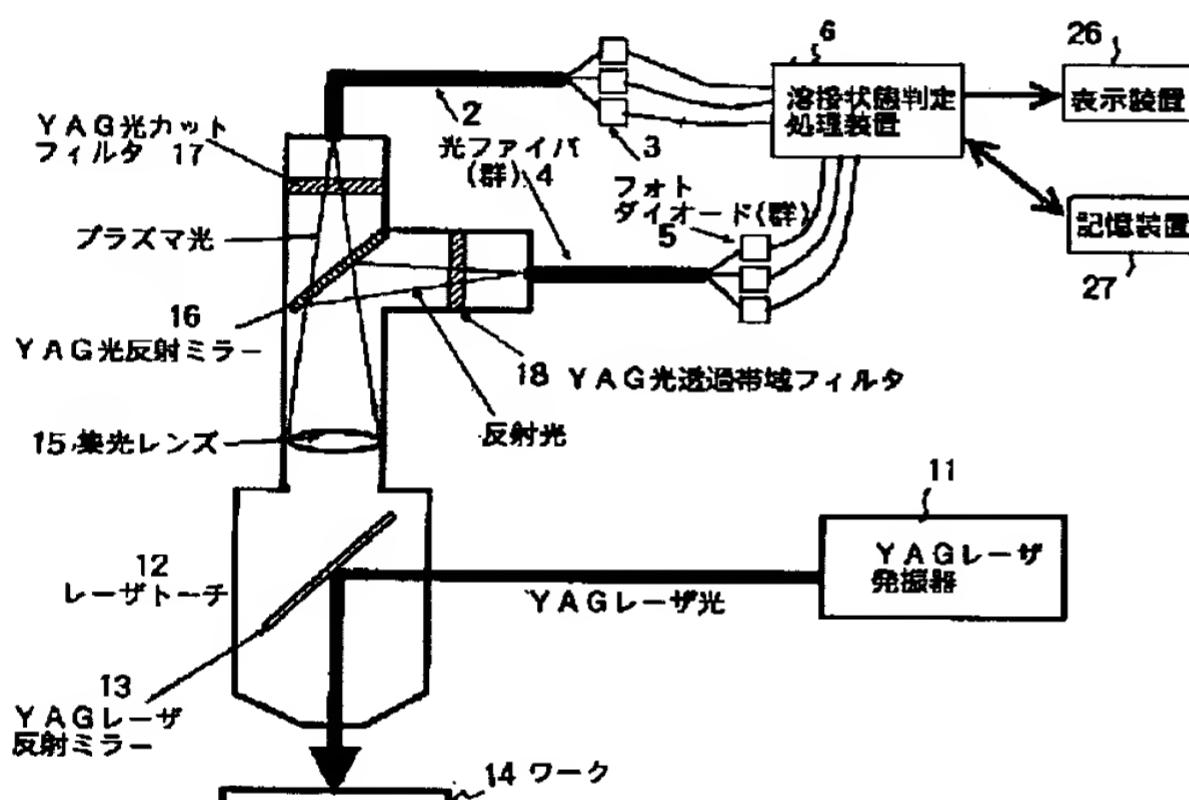
【図11】本発明者によりすでに提案されている溶接欠陥検出装置の構成を示した図である。

【図12】図11に示された溶接欠陥検出装置における問題点を説明するための図である。

【符号の説明】

2、4	光ファイバ
3、5、20、24	フォトダイオード
21、25	アンプ
11	YAGレーザ発振器
12	レーザトーチ
13	YAGレーザ反射ミラー
14	ワーク
15	集光レンズ
16	YAG光反射ミラー
17	YAG光カットフィルタ
18	YAG光透過帯域フィルタ
19	記憶装置
20	表示装置
21	溶接状態判定処理装置
22	YAG反射光または plasma 光
23	欠陥部分
24	計測信号レベル
25	時間
26	表示装置
27	記憶装置

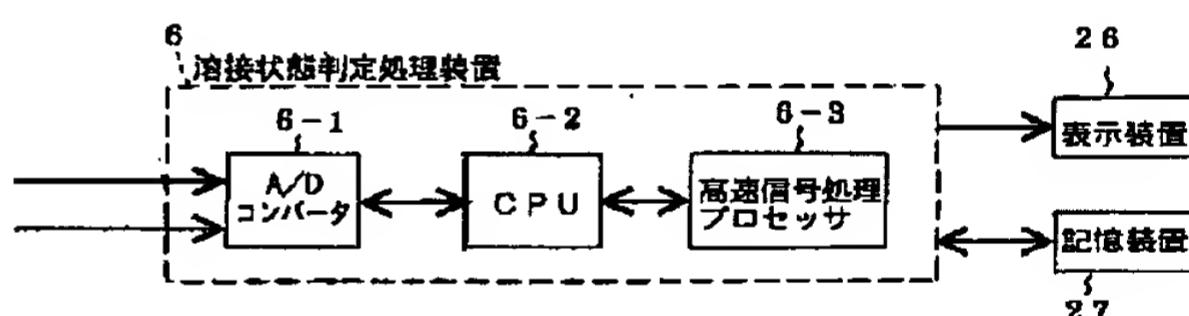
【図1】



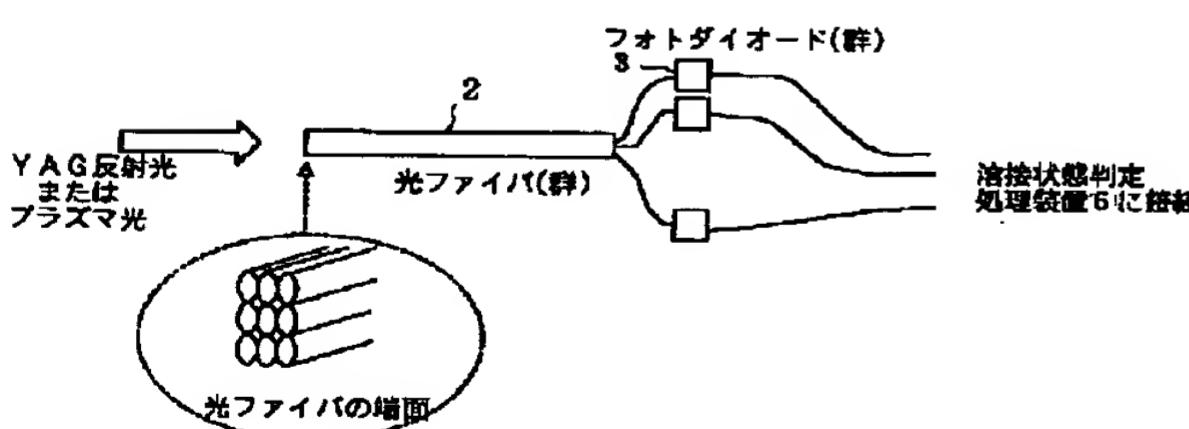
【図3】



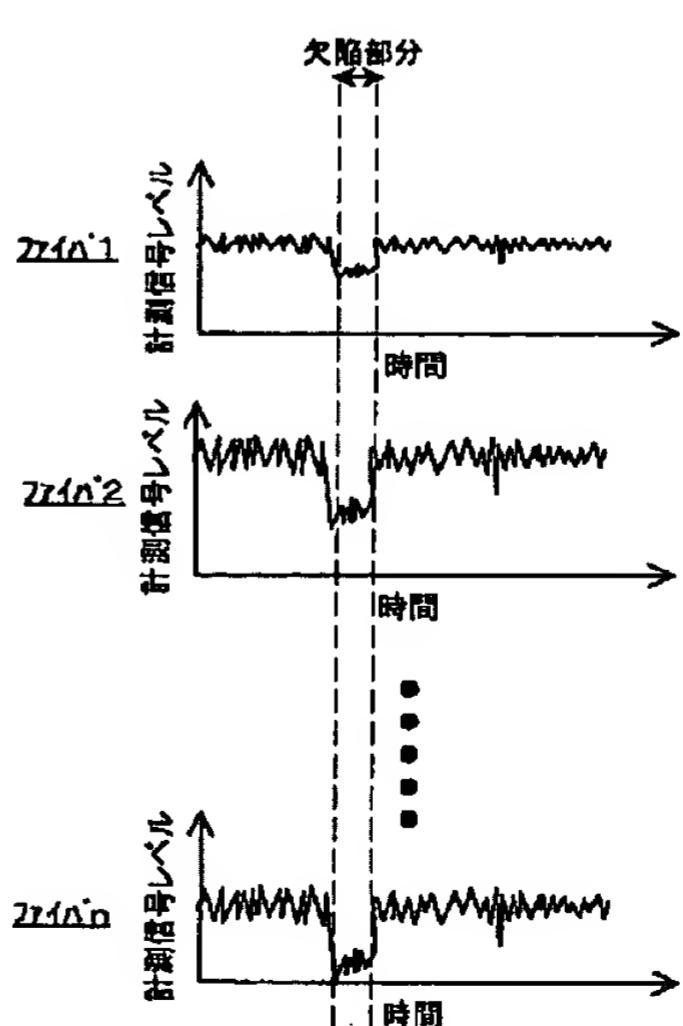
【図4】



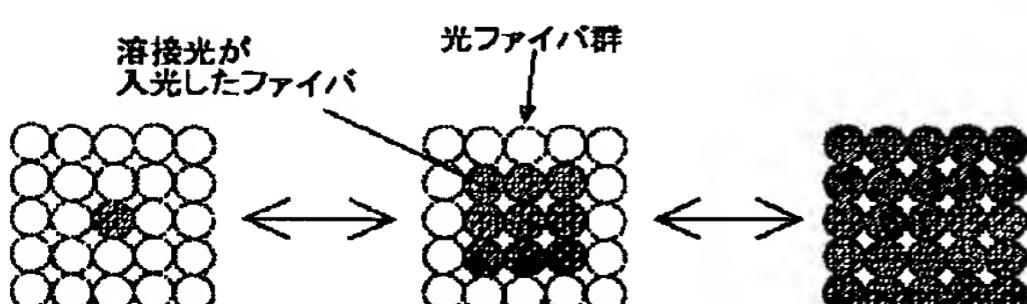
【図2】



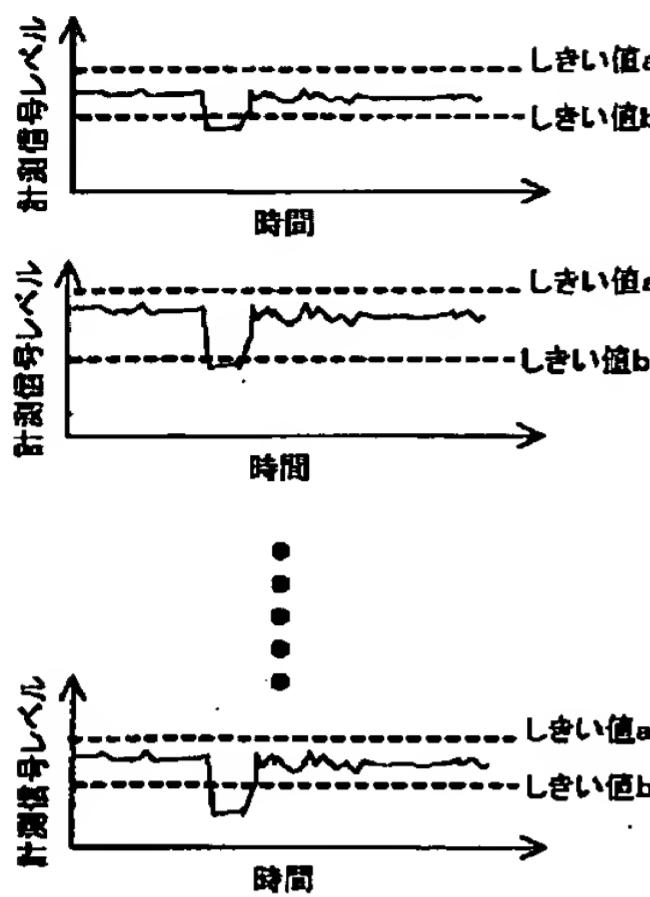
【図5】



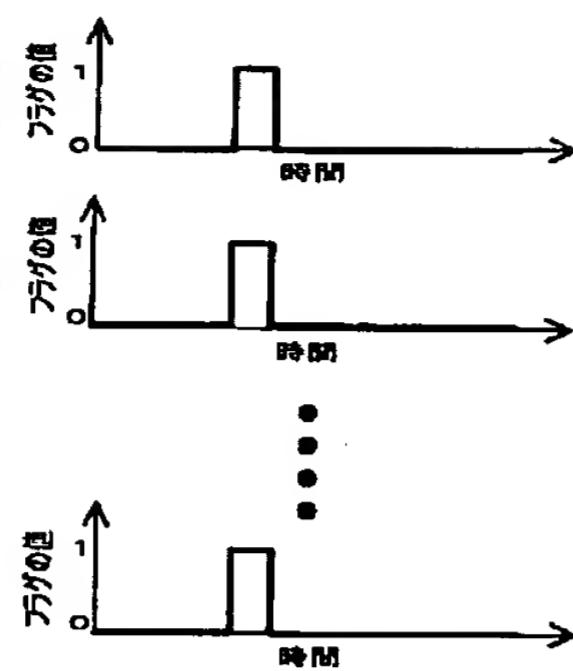
【図9】



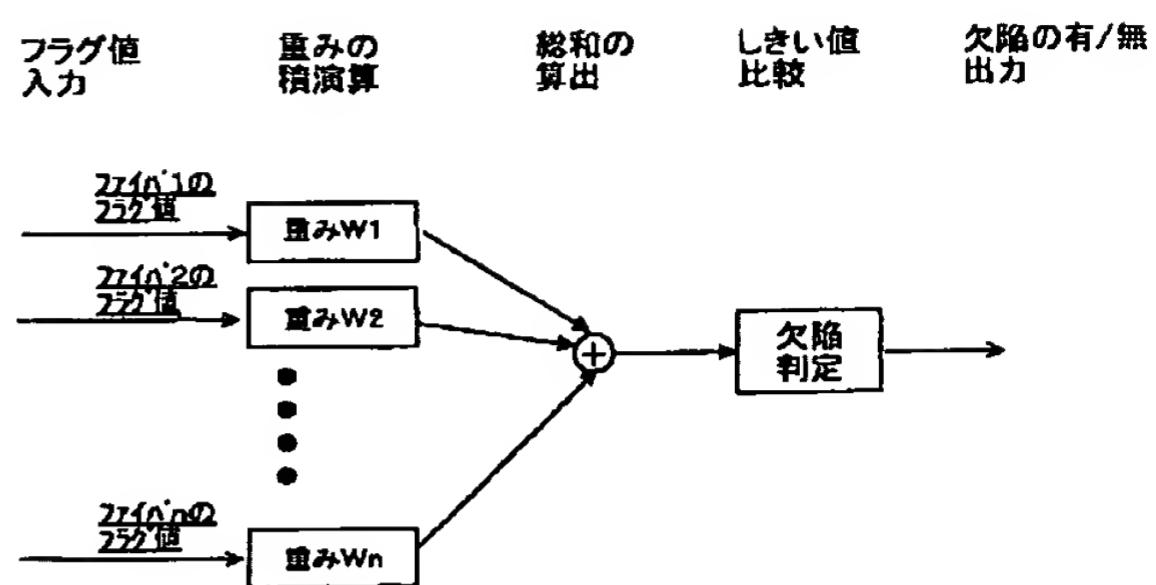
【図 6】



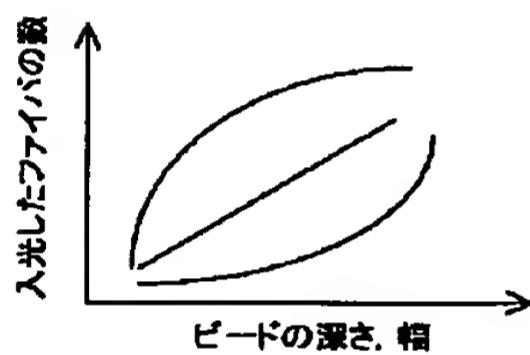
【図 7】



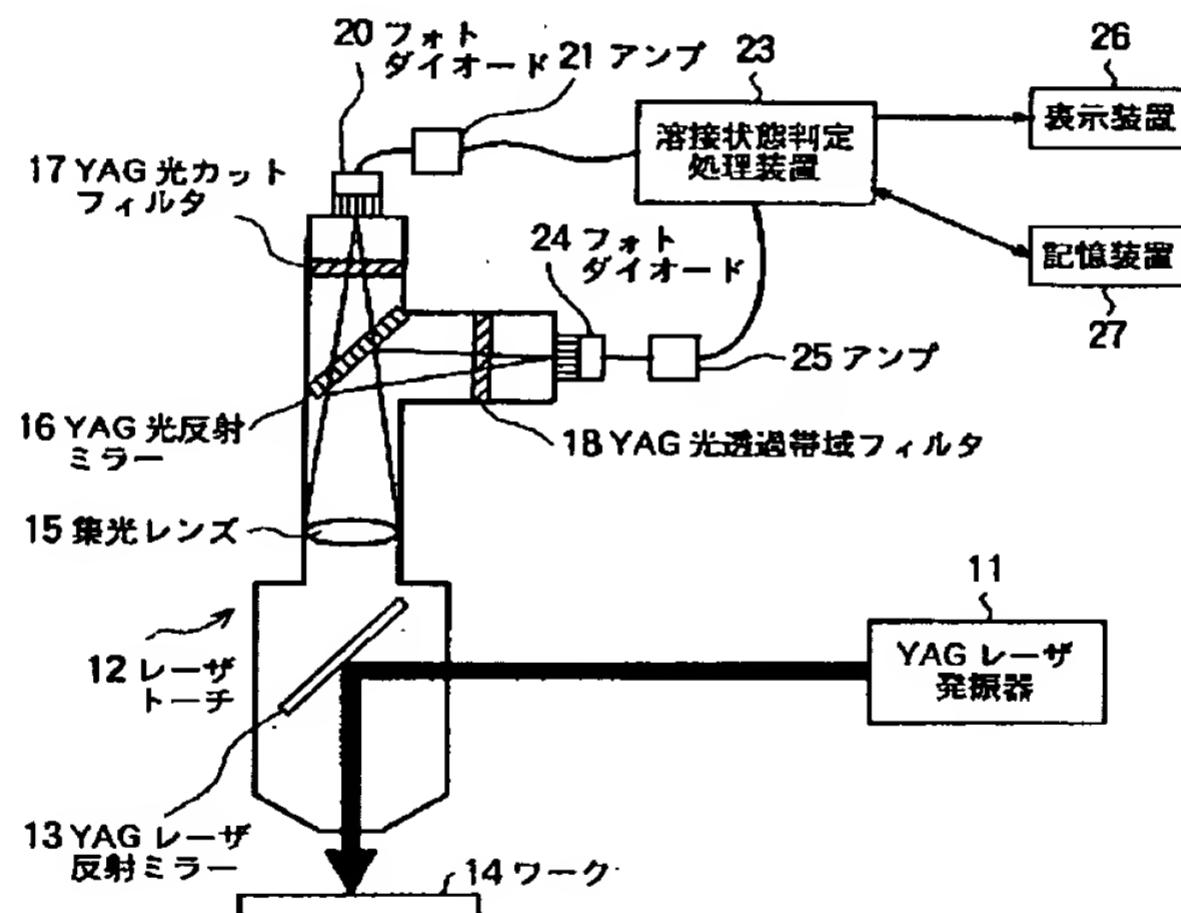
【図 8】



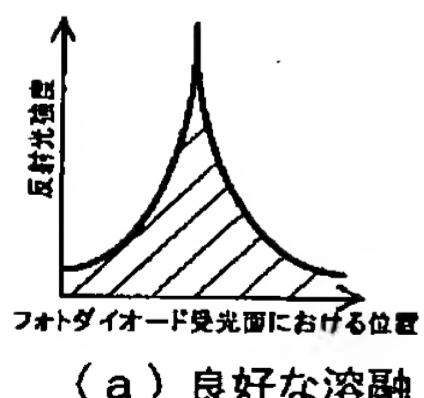
【図 10】



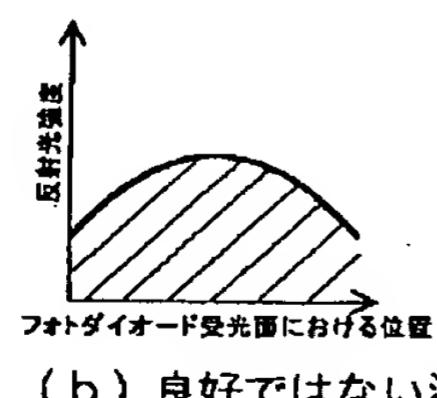
【図 11】



【図 12】



(a) 良好な溶融



(b) 良好ではない溶融

## 【手続補正書】

【提出日】平成11年11月12日(1999.11.12)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項3】 請求項2記載のレーザ溶接状態監視装置

において、前記複数の受光手段として、前記第1のフィルタの後に光ファイバと該光ファイバで受光された光を光電変換する複数の光電変換素子とを第1のグループとして配置すると共に、前記第2のフィルタの後にも光ファイバと該光ファイバで受光された光を光電変換する複数の光電変換素子とを第2のグループとして配置することを特徴とするレーザ溶接状態監視装置。

## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 4 N	5/335	G 0 2 B 7/18	Z

F ターム(参考) 2G043 AA03 BA01 CA02 CA05 DA08  
 EA10 FA03 GA04 GA21 GB01  
 HA01 HA05 HA09 JA03 KA09  
 LA01 LA03 MA01 MA11 NA01  
 NA05 NA06  
 2G051 AA37 AB07 AC21 BA10 CA03  
 CA07 CB10 CC12 CC17 DA06  
 EA08 EA11 EA12 EA14 EB01  
 EC01  
 2H043 CB01 CE00  
 4E068 BA00 CA02 CC02 CD01 CD10  
 CD11 CD13  
 5C024 AA01 AA06 CA00 EA03 EA04  
 EA09 FA01 GA01 GA11 HA02  
 HA14 HA17 HA18 HA21 HA27

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the laser-welding condition-monitoring equipment and the surveillance method for detecting the light from a welding part and evaluating the size of defective detection of welding, or a bead about the defective detection in a laser-welding machine, based on the intensity especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] Laser welding welds by irradiating the shape of a pulse and continuation laser beam outputted from the laser oscillation machine at an object work. An inspector conducts weld flaw inspection in laser welding in many cases by viewing or use of inspection equipment off-line. In this case, with a mass-production-method line like automobile manufacture, inspection of an abundant part is needed and an inspector's burden is large. Moreover, it is most desirable to conduct defective inspection in parallel to [ inspection time needs to be short and ] welding from a viewpoint of the productivity of a production line.

[0003] The following technique is proposed by this invention person as online-inspection technology of the welding state in laser welding.

[0004] This technique is explained with reference to drawing 11. In drawing 11, the laser beam of the shape of a pulse generated with YAG laser VCO 11 is led to the laser torch 12 with a transmission fiber, and it welds by irradiating a work 14 through the YAG laser reflective mirror 13 and the optical lens which is not illustrated in the laser torch 12.

[0005] In the housing of the laser torch 12, the condenser lens 15 which condenses the light (this is hereafter called welding light) emitted from a weld zone as becomes the optical axis and the same axle of a laser beam (it is hereafter called an irradiation laser beam) which are irradiated by the work 14 is formed. The plasma light generated in process of welding, the reflected light of an irradiation laser beam, and a surrounding light are contained in welding light. In the YAG laser reflective mirror 13, although most reflected lights of the irradiation laser beam from a weld zone are reflected, very much, a part penetrates and plasma light is penetrated as it is.

[0006] After the condenser lens 15, only the reflected light of an irradiation laser beam was reflected among welding light, and the remaining light has formed the YAG light reflex mirror 16 to penetrate. The YAG light cut-off filter 17 for extracting only the plasma light generated in process of welding from the transmitted light of the YAG light reflex mirror 16 is formed in the transparency section side of the YAG light reflex mirror 16. On the other hand, the YAG light-transmission band-pass filter 18 for extracting only the reflected light of an irradiation laser beam from the reflected light of the YAG light reflex mirror 16 is formed in the reflective section side of the YAG light reflex mirror 16.

[0007] In addition, as mentioned above, in the laser torch 12, the YAG laser reflective mirror 13 in which the laser beam from YAG laser VCO 11 is reflected and which is irradiated towards a work 14 is formed. For this reason, it will be reflected by the YAG laser reflective mirror 13, the part will leak, and the reflected light of an irradiation laser beam will be condensed with a condenser lens 15 as the reflected light. As for the reflected light of the irradiation laser beam contained in welding light, in other words,

only the part reaches a condenser lens 15.

[0008] It separates into plasma light and the reflected light by condensing with the condenser lens 15 which installed the welding light emitted from the weld zone of a work 14 in an irradiation laser beam and the same axle, and reflecting only YAG light by the YAG light reflex mirror 16 by the above composition. As for plasma light, the light of wavelength regions other than plasma light is cut through the YAG light cut-off filter 17 after separation. The light which came out of the YAG light cut-off filter 17 is changed into the voltage signal according to light-receiving intensity with the photodiode 20 and amplifier 21 as an optoelectric transducer, and is outputted to the welding state judging processor 23.

[0009] On the other hand, as for the reflected light from the YAG light reflex mirror 16, the light of wavelength regions other than YAG light is cut through the YAG light-transmission band-pass filter 18. The light which came out of the YAG light-transmission band-pass filter 18 is changed into the voltage signal according to light-receiving intensity with the photodiode 24 and amplifier 25 as an optoelectric transducer, and is outputted to the welding state judging processor 23.

[0010] The welding state judging processor 23 performs judgment processing of defective detection etc. based on the voltage signal from amplifier 21 and 25, the need is accepted, and with display 26 or storage 27, is displayed and records the result. In addition, the processing algorithm for defective detection is indicated by the applicant for this patent at "laser-welding defective detection equipment (Japanese Patent Application No. No. 213223 [ nine to ]). [ finishing / application / already ]

[0011] When it explains briefly, the processing algorithm for defective detection The low pass filter for removing the high frequency component defined beforehand from a digital voltage signal, The differential processing section for differentiating the output of this low pass filter and outputting a differential signal, The 1st defect is detected by whether the value of the aforementioned digital voltage signal is over the 1st threshold L1. The 1st processing means for the value of the aforementioned digital voltage signal detecting the 2nd defect by whether it is a low rather than the 2nd threshold L2 of a low from the 1st threshold L1, The 2nd processing means which detects whether it is over the range of the 3rd threshold L3 which carried out this value in between on the basis of the case where the value of the aforementioned differential signal is variation 0, and the 4th threshold L4 (however,  $L3 > L4$ ), this -- when there is an output only from the processing means of the above 2nd in response to the detection result of the 2nd processing means, and the detection result of the processing means of the above 1st, it realizes in the defective kind distinction processing section which detects this as the 3rd defect.

[0012] Defective detection can be performed by performing the processing algorithm for defective detection about two voltage signals from amplifier 21 and 25 with such composition.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order that this technique may detect the reflected light and plasma light of an irradiation laser beam which condensed two-dimensional with the condenser lens 15 by one photodiodes 20 and 24, respectively, it will make the measurement value the total amount of the optical intensity which received light to the light-receiving side of photodiodes 20 and 24. On the other hand, the two-dimensional distribution of the reflected light of an irradiation laser beam or plasma

luminous intensity may change with welding states.

[0014] change of a distribution of the reflected light of an irradiation laser beam [ in / a photodiode / in drawing 12 ] -- being typical (it having drawn by the single dimension in simple) -- it is shown, and when melting of a weld zone is good, drawing 12 (b) of drawing 12 (a) is an example when melting of a weld zone is bad In drawing 12 , when drawing 12 (a) and drawing 1 (b) have the equal total amount of the reflected light intensity of an irradiation laser beam, change of a melting state can be detected by the above-mentioned technique (namely, when the area of the slash section in drawing is equal).

[0015] Then, the technical problem of this invention is by arranging two or more optoelectric transducers to offer the laser-welding condition-monitoring equipment which can raise the detection precision of a defect.

[0016] this invention is to offer the laser-welding condition-monitoring method of having been suitable for above laser-welding condition-monitoring equipment again.

[0017]

[Means for Solving the Problem] In the laser-welding machine which welds by the laser-welding condition-monitoring equipment by this invention irradiating a laser beam on a laser torch at a work In the housing of the aforementioned laser torch, the condenser lens which condenses the welding light emitted from a welding part as becomes the optical axis and the same axle of the aforementioned laser beam which are irradiated by the aforementioned work is prepared. It is characterized by performing defective detection of a welding part based on two or more luminous intensities which received light by two or more light-receiving meanses which the light condensed with the aforementioned condenser lens was made to adjoin mutually, and have arranged it, and received light with two or more aforementioned light-receiving meanses.

[0018] While reflecting only the reflected light of the aforementioned laser beam after the aforementioned condenser lens and preparing the 1st laser beam reflective mirror which the remaining light penetrates in this laser-welding condition-monitoring equipment this -- the 1st filter for extracting only the plasma light generated in process of welding from the transmitted light of the 1st laser beam reflective mirror and the 2nd filter for extracting only the reflected light of the aforementioned laser beam from the reflected light of the aforementioned laser beam reflective mirror are prepared

[0019] While arranging two or more optoelectric transducers which carry out photo electric translation of the light received after the 1st filter of the above as two or more aforementioned light-receiving meanses by two or more optical fibers and two or more of these optical fibers as the 1st group, it is desirable to arrange two or more optoelectric transducers which carry out photo electric translation of the light received also after the 2nd filter of the above by two or more optical fibers and two or more of these optical fibers as the 2nd group.

[0020] In addition, in the aforementioned laser torch, the 2nd laser beam reflective mirror in which the laser beam from the laser transmission fiber linked to the source of laser oscillation is reflected and which is irradiated towards the aforementioned work is prepared, and the aforementioned condenser lens condenses the welding light emitted from the aforementioned welding part through the laser beam reflective mirror of the above 2nd.

[0021] Moreover, it has the judgment processor which performs defective detection of a

welding part based on the level of two or more electrical signals from the optoelectric transducer of the 1st group of the above, and the level of two or more electrical signals from the optoelectric transducer of the 2nd group of the above. This judgment processor about each of the 1st group of the above, and the 2nd group of the above a \*\*\*\*\* [ that there is level of two or more electrical signals within limits defined beforehand, respectively ] -- distinguishing -- the account of before -- the time of being within limits defined beforehand -- "0" -- the account of before -- when [ out of range ] set beforehand, while outputting "1" as a distinction result, the existence of a defect is judged as compared with the threshold which performed weighting beforehand set to each distinction result, and was able to define beforehand the total of a value by which weighting was carried out

[0022] The aforementioned judgment processor has further an evaluation means to evaluate the size of a weld bead based on the level of two or more electrical signals from the optoelectric transducer of the 1st group of the above, and the level of two or more electrical signals from the optoelectric transducer of the 2nd group of the above. This evaluation means about each of the 1st group of the above, and the 2nd group of the above a \*\*\*\*\* [ that the level of two or more electrical signals is higher than the threshold set up beforehand, respectively ] -- distinguishing -- the account of before -- you may make it evaluate the depth and width of face of a weld bead based on the number of electrical signals higher than the threshold set up beforehand

[0023] Furthermore, while arranging the 1st CCD camera which can detect the light and infrared light after the 1st filter of the above as two or more aforementioned light-receiving meanses, you may make it arrange the 2nd CCD camera which can detect the light and infrared light also after the 2nd filter of the above.

[0024] When using a CCD camera, it has the judgment processor which carries out the image processing of the picture from the 1st CCD camera of the above, and the picture from the 2nd CCD camera of the above individually, and performs defective detection of a welding part. This judgment processor The intensity level for every pixel from the 1st CCD camera of the above The intensity level for every pixel from (it is hereafter called the 1st intensity-level group) and the 2nd CCD camera of the above a \*\*\*\*\* [ that there are two or more intensity levels within limits defined beforehand, respectively about each of (calling it the 2nd intensity-level group hereafter) ] -- distinguishing -- the account of before -- the time of being within limits defined beforehand -- "0" -- the account of before -- when [ out of range ] set beforehand, while outputting "1" as a distinction result, the existence of a defect is judged as compared with the threshold which performed weighting beforehand set to each distinction result, and was able to define beforehand the total of a value by which weighting was carried out In using a CCD camera, the aforementioned judgment processor has further an evaluation means to evaluate the size of a weld bead based on the level of two or more electrical signals from the optoelectric transducer of the 1st group of the above, and the level of two or more electrical signals from the optoelectric transducer of the 2nd group of the above again. This evaluation means about each of the 1st group of the above, and the 2nd group of the above a \*\*\*\*\* [ that the level of two or more electrical signals is higher than the threshold set up beforehand, respectively ] -- distinguishing -- the account of before -- you may make it evaluate the depth and width of face of a weld bead based on the number of electrical signals higher than the threshold set up beforehand

[0025] The laser-welding condition-monitoring method of performing defective detection of a welding part based on two or more luminous intensities which received light by two or more light-receiving meanses which condensed the welding light to emit, and the condensed light was made adjoining mutually and have arranged it from a welding part again according to this invention, and received light with two or more aforementioned light-receiving meanses is offered.

[0026]

[Embodiments of the Invention] With reference to drawing 1, the whole laser-welding condition-monitoring equipment system by the gestalt of desirable operation of this invention is explained. In addition, the same number is given to the same portion as drawing 11. The YAG laser light from YAG laser VCO 11 is led to the laser torch 12, and it welds by irradiating a work 14 through the YAG laser reflective mirror 13 and the optical lens which is not illustrated in the laser torch 12. It separates into plasma light and the reflected light of an irradiation laser beam by condensing with the condenser lens 15 which installed the welding light emitted from the weld zone of a work 14 in an irradiation laser beam and the same axle, and reflecting only YAG light by the YAG light reflex mirror 16. Plasma light is received after separation by two or more optical fibers 2 which penetrated, and the YAG light cut-off filter 17 was clustered, and have arranged it. Photo electric translation of the received plasma light is carried out by the photodiode 3 individually combined with each optical fiber 2, respectively.

[0027] On the other hand, the reflected light of an irradiation laser beam is received by two or more optical fibers 4 which the YAG light-transmission band-pass filter 18 is penetrated, was clustered, and have arranged it. Photo electric translation of the received plasma light is carried out by the photodiode 5 individually combined with each optical fiber 4, respectively. Two or more voltage signals by which photo electric translation was carried out by photodiodes 3 and 5 are amplified with the amplifier which is not illustrated, respectively, and are inputted into the welding state judging processor 6. The welding state judging processor 6 processes defective detection etc. based on the level of two or more inputted voltage signals, the need is accepted, and with display 26 or storage 27, is displayed and records the result. That is, the welding state judging processor 6 processes defective detection etc. separately about two or more voltage signals from a photodiode 3, and two or more voltage signals from a photodiode 5.

[0028] The relation between an optical fiber 2 and a photodiode 3 is shown in drawing 2. Two or more optical fibers 2 are clustered, an edge is arranged in the shape of a field, and welding light is condensed there. Although nine optical fibers 2 are clustered in drawing 2, a number and one diameter of a fiber are chosen suitably. The light transmitted by the optical fiber 2 is received by one photodiode 3 for every one optical fiber. Such a relation is the same also about an optical fiber 4 and a photodiode 5.

[0029] In addition, an optical fiber 2 or 4 is used because an optical fiber is clustered so that a crevice may not be produced like drawing 2, and it can arrange. On the other hand, an old photodiode is difficult for making it crowd so that a crevice may not be produced from the configuration, and arranging. However, as long as it is the optoelectric transducer which is clustered including a photodiode so that a crevice may not be produced, and can be arranged, you may make it receive the reflected light of plasma light or an irradiation laser beam without an optical fiber directly by the optoelectric transducer.

[0030] On the other hand, it may replace with the combination of an optical fiber and a photodiode, and visible/infrared CCD camera 7 may be used like drawing 3. Here, visible/infrared CCD camera is a CCD camera which can detect the light and infrared light. The reflected light of an irradiation laser beam and plasma light are received by respectively different visible/infrared CCD camera 7, and the picture is transmitted to the welding state judging processor 6. However, since visible/infrared CCD camera 7 transmits a picture an about 30 msec period, a defect may be overlooked depending on timing (a picture is unacquirable at the time of defective generating). Moreover, with the composition which uses visible/infrared CCD camera 7, an image processing system is installed in the welding state judging processor 6. About each pixel of the picture from visible/infrared CCD camera 7, this image processing system detects brightness and processes defective detection etc. based on the detected intensity level. In this case, although one pixel will be equivalent to one optical fiber of drawing 1, the sum of the intensity level of two or more pixels is computed as one judgment field which is equivalent to one optical fiber in two or more pixels which adjoin each other, and it may be made to perform defective detection based on this sum.

[0031] Drawing 4 is the block diagram showing the composition of the welding state judging processor 6 applied to the composition of drawing 1. Welding states, such as defective detection, are judged according to the processing algorithm which carried out digital conversion of two or more voltage signals by which photo electric translation was carried out by the photodiode 3 (5) by A/D converter 6-1, and was beforehand defined by CPU 6-2 and the high speed signal processing processor 6-3. Although two or more voltage signals by which photo electric translation was carried out by the photodiode 3, and two or more voltage signals by which photo electric translation was carried out by the photodiode 5 are inputted into A/D converter 6-1 for convenience, digital conversion does not have being carried out separately until it says it. The composition of such equipment itself is common as a signal processor, and it can be easily realized using a personal computer.

[0032] In addition, in using visible/infrared CCD camera 7 of drawing 3, it considers as the composition which replaced A/D converter 6-1 with the image processing system.

[0033] Below, the algorithm of defective detection and weld-bead evaluation in the welding state judging processor 6 is explained. Although explained in batch for convenience, data processing is serially carried out in fact using the level of a measurement signal.

[0034] (1) Time series shows the wave of the measurement signal at the time of receiving welding light (reflected light of plasma light or an irradiation laser beam) in n optical fibers to defective detection drawing 5. Like drawing 5, generating of a weld flaw changes the level of a measurement signal remarkably. Therefore, a defect is detectable by setting up a suitable threshold and detecting level change. A procedure is shown below.

[0035] \*\* Remove a high frequency component for the signal after A/D-conversion processing by digital low pass filter processing. Consequently, a processing signal as shown in drawing 6 is acquired.

[0036] \*\* Set up a certain range with the thresholds a and b defined beforehand. if it distinguishes whether the level of a processing signal is within the limits of this and is this within the limits -- "0" -- if out of range, a flag will be stood as a defective candidate

(a flag is set to "1") This distinction result is shown in drawing 7 .

[0037] \*\* In order to judge the existence of a defect finally, perform data processing.

[0038] The outline of a data-processing algorithm is shown in drawing 8 . The weighting factor beforehand set as the value (0 or 1) of the flag distinguished according to the optical fiber is hung, and it asks for total. When it is more than the threshold that total set up beforehand, it judges with a defect. It is because there are a part to think as important also in a weld zone and a part which is not if so important especially to set up a weighting factor according to an optical fiber. Then, a big weighting factor is set to the distinction result of the optical fiber of a part to think as important, and if so important, a small weighting factor is set to the distinction result of the optical fiber of the part which is not. Moreover, when the power change of laser is carried out, it is necessary to also change the field of the weld zone which should be supervised. For example, when laser is upgraded, a change which enlarges a weighting factor also to the distinction result of the optical fiber of an outside field is made.

[0039] In addition, the welding state judging processor 6 will perform an output with defective, if defective detection etc. is separately processed based on the above-mentioned algorithm and a defect is detected in one [ at least ] processing about two or more voltage signals from a photodiode 3, and two or more voltage signals from a photodiode 5.

[0040] (2) As for change of the depth and width of face, in the evaluation weld bead of the size of a weld bead, the two-dimension-breadth of welding light (reflected light of plasma light or an irradiation laser beam) also changes a size. It can ask for the breadth area of welding light from this, and the size of a weld bead can be evaluated.

[0041] As shown in drawing 9 , the number of the optical fiber which receives welding light changes by change of a weld bead. Therefore, the correlation of the depth of a weld bead and width of face, and the number of the optical fiber which received light is beforehand searched for by the experimental result. And at the time of actual welding processing, the depth and width of face of a weld bead can be evaluated from the number of the optical fiber which received light based on this experimental result.

[0042] The example of the correlation of the depth of a weld bead and width of face, and the number of the optical fiber which received light is shown in drawing 10 three kinds.

[0043] An actual signal-processing procedure is shown below.

[0044] \*\* Remove a high frequency component for the signal after A/D-conversion processing by digital low pass filter processing. This is the same processing as defective detection of the above (1).

[0045] \*\* If the level of threshold c set up beforehand and a measurement signal is compared and it becomes more than threshold c, it will judge with those with light-receiving to an optical fiber, and will count to it.

[0046] \*\* Evaluate the depth and width of face of a weld bead based on an experimental result from the number of the optical fiber judged to be those with light-receiving.

[0047] In addition, although YAG laser VCO is used as a laser oscillation machine in the above-mentioned explanation, they are not only this but other COs2. It is applicable also to the laser-welding machine using a laser oscillation machine and excimer laser VCO. In this case, composition of optical system and selection of a photodiode, i.e., an optoelectric transducer, are performed so that detection of the reflected light of an irradiation laser beam may be possible.

[0048]

[Effect of the Invention] According to this invention, the following effects are acquired.

[0049] 1. Since a many-sided welding state can be judged by dividing welding light into plasma light and the reflected light of an irradiation laser beam, and measuring those distributions by-dimensional [ 2 ] and the multipoint, improvement in defective detection precision can be aimed at, and the size (depth, width of face) of a weld bead can also be evaluated.

[0050] 2. Defective detection can be performed, even if the configuration of a work is complicated, since measurement of welding light can be performed on an irradiation laser beam and the same axle from the laser torch upper part.

[0051] 3. It is applicable not only to flattening but 3-dimensional processing from above 1 and 2.

[0052] 4. Since \*\* people and laborsaving of an inspector can be realized and inspection time shortening by the online inspection can be attained, contribute greatly to the production-line automation (full automation) by defective detection automation.

---

[Translation done.]

. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing having shown the composition of the weld flaw condition-monitoring equipment by the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 2] It is drawing for explaining the relation of the optical fiber and photodiode which were shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is drawing for explaining the case where replace with the optical fiber and photodiode which were shown in drawing 1, and visible/infrared CCD camera is used.

[Drawing 4] It is the block diagram having shown the composition of the welding state judging processor shown in drawing 1.

[Drawing 5] It is the wave form chart having shown the example of the measurement signal acquired from the optical fiber shown in drawing 1 about the case with defective.

[Drawing 6] It is the wave form chart after performing low pass filter processing to the measurement signal shown in drawing 5.

[Drawing 7] It is drawing showing the result which distinguished a defective candidate's existence to the signal shown in drawing 6.

[Drawing 8] It is drawing for explaining the defective detection processing algorithm performed using the distinction result shown in drawing 7.

[Drawing 9] In order to explain the evaluation method of the size of a weld bead, it is drawing having shown the example of a 2-dimensional distribution of the welding light to the optical fiber in drawing 1.

[Drawing 10] It is drawing having shown the example of the correlation of the depth of a weld bead and the light-receiving number of width of face and an optical fiber required for evaluation of the size of a weld bead.

[Drawing 11] It is drawing having shown the composition of the weld flaw detection equipment already proposed by this invention person.

[Drawing 12] It is drawing for explaining the trouble in the weld flaw detection equipment shown in drawing 11.

### [Description of Notations]

2 Four Optical fiber

3, 5, 20, 24 Photodiode

21 25 Amplifier

11 YAG Laser VCO

12 Laser Torch

13 YAG Laser Reflective Mirror

14 Work

15 Condenser Lens

16 YAG Light Reflex Mirror

17 YAG Light Cut-off Filter

18 YAG Light-Transmission Band-pass Filter

---

[Translation done.]